

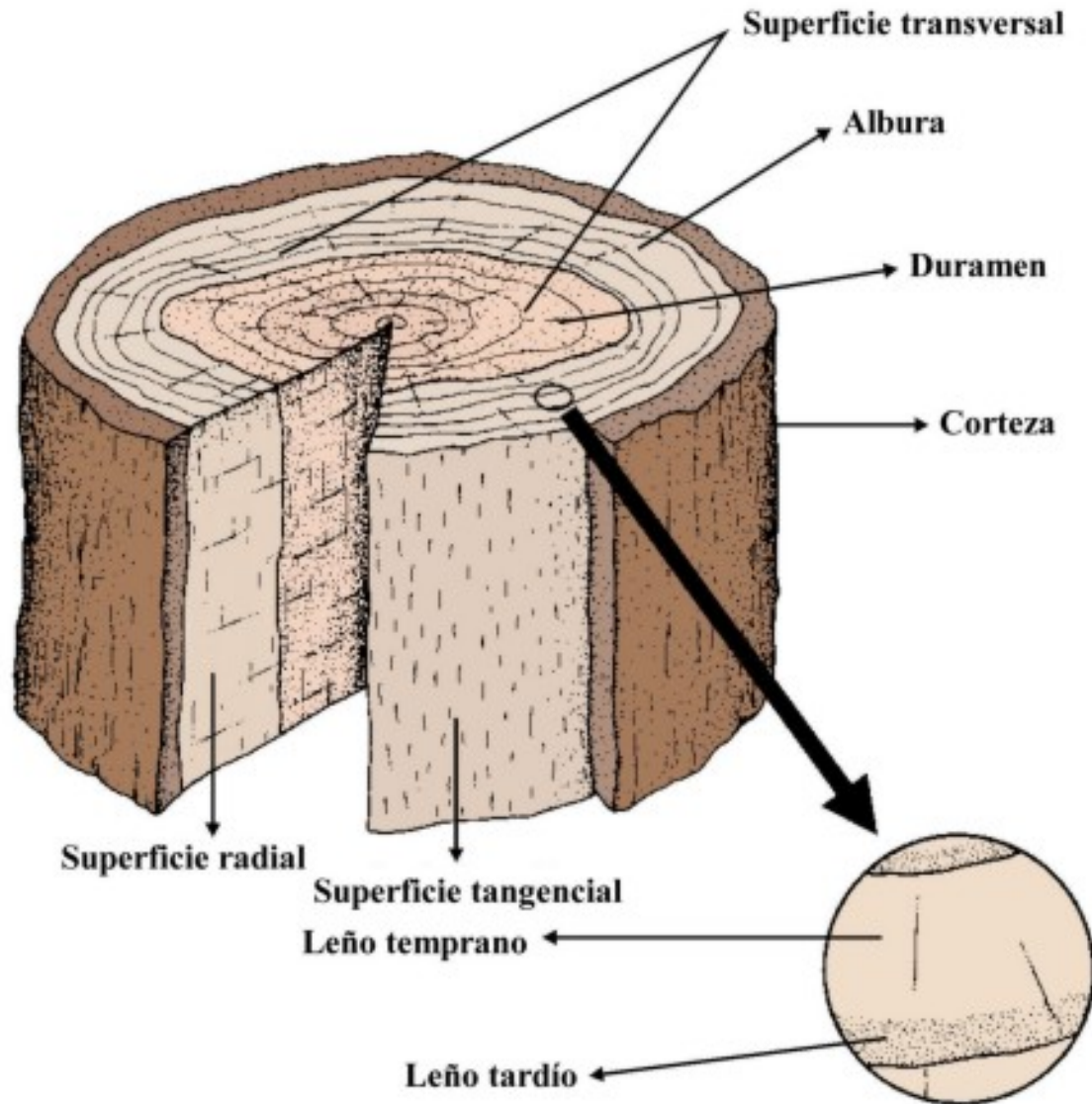
**CONCEPTOS BÁSICOS  
Y  
BASES FÍSICAS PARA EL  
SECADO DE LA MADERA**

**Prof. Néstor Mora**

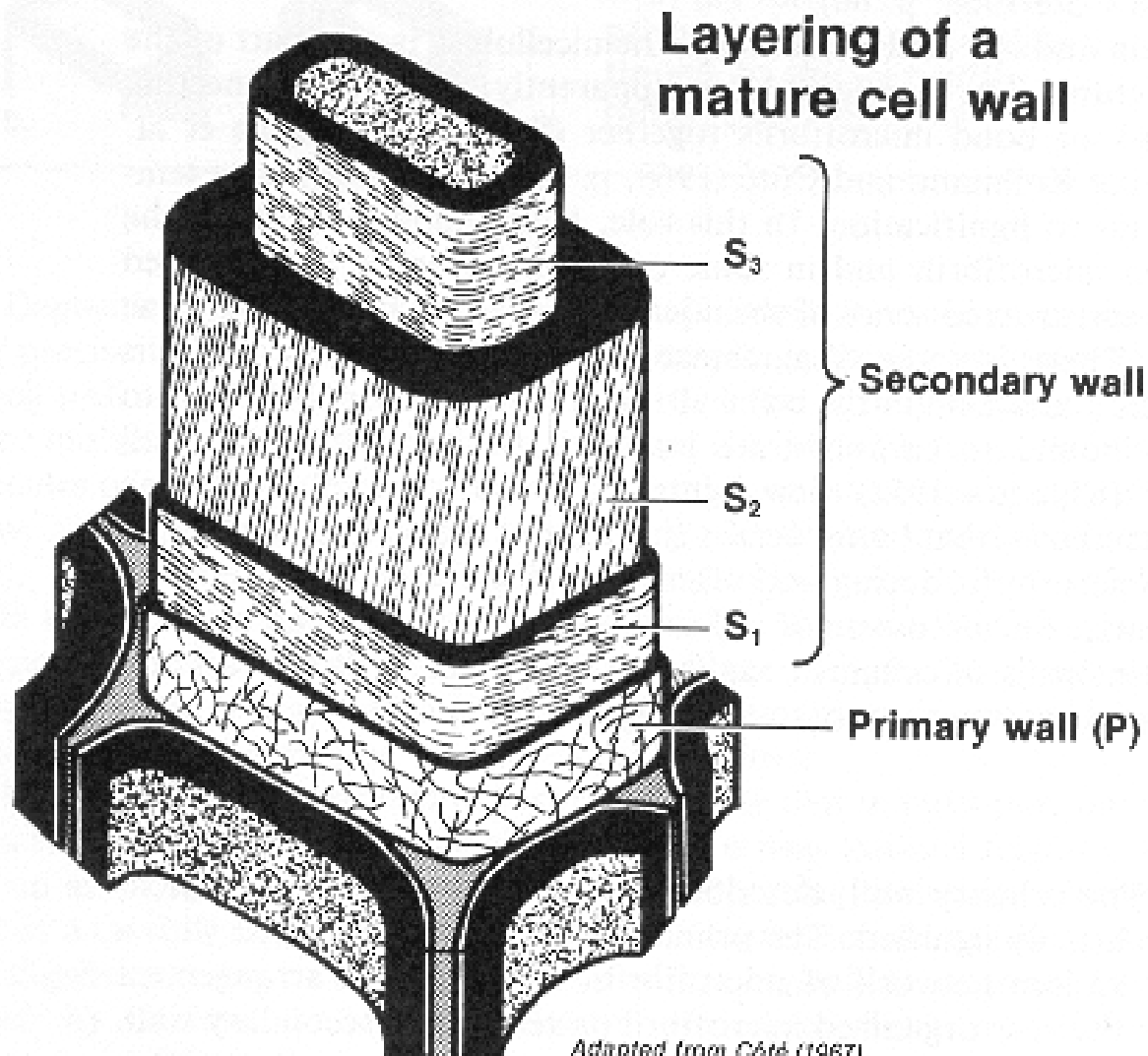
# ¿POR QUÉ SECAR LA MADERA?

- Medida de protección de la madera contra hongos
- Ventaja económica para el transporte de la madera
- Mayor estabilidad dimensional, disminuyendo la presencia de defectos

# CONCEPTOS DE ANATOMIA



# LA PARED CELULAR

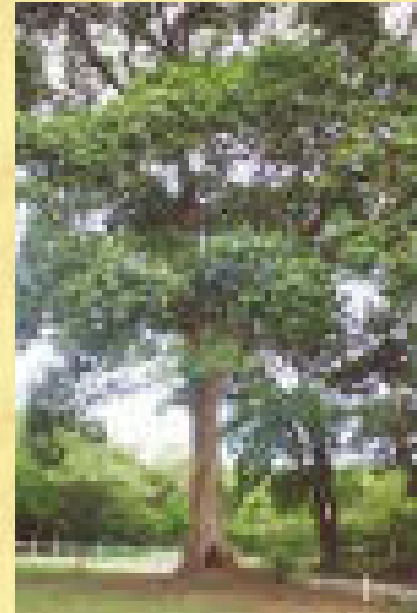


# ESTRUCTURA DE LA MADERA

Coníferas



Latifoliadas

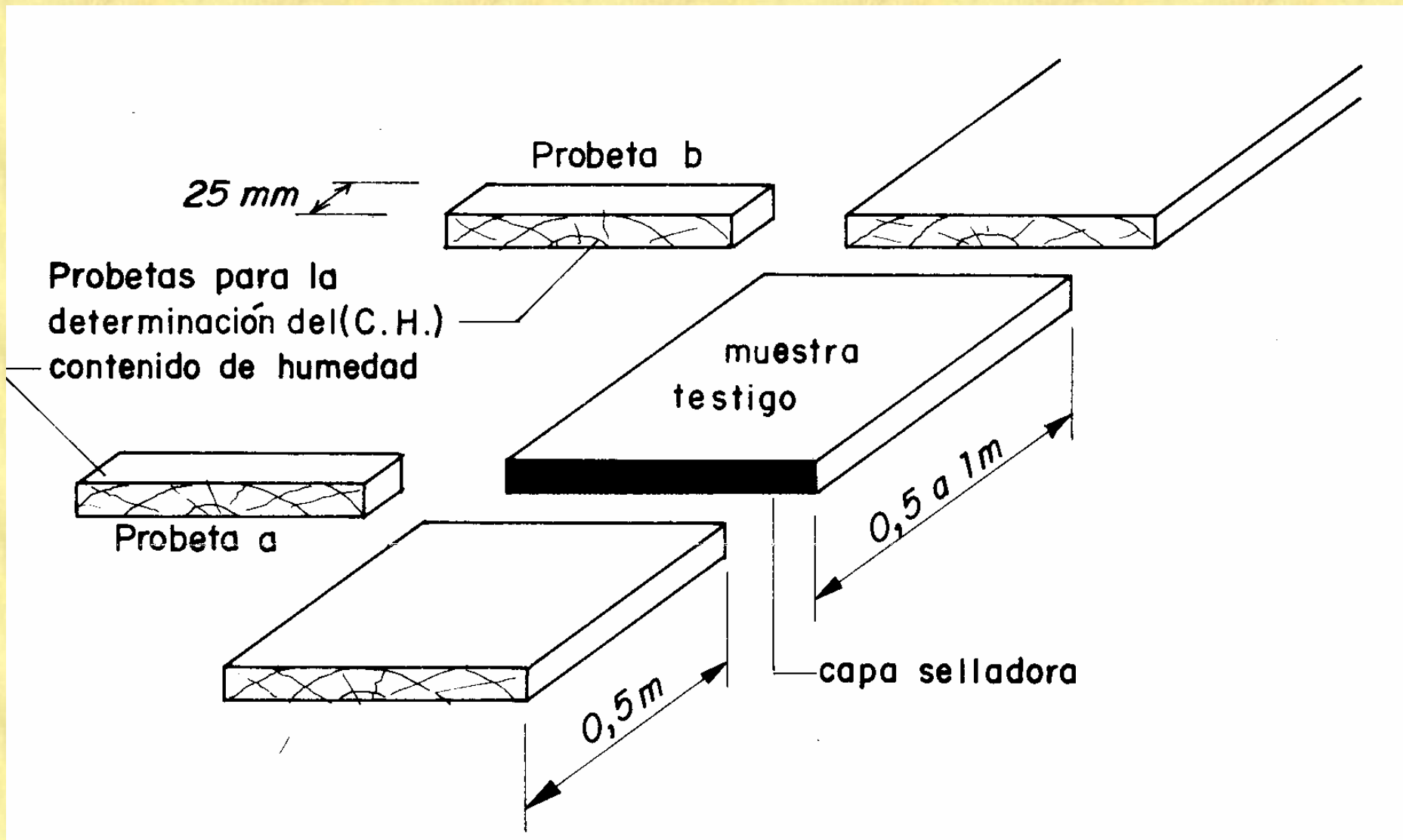


# HUMEDAD EN LA MADERA

- Agua libre
- Agua higroscópica
- Agua de constitución

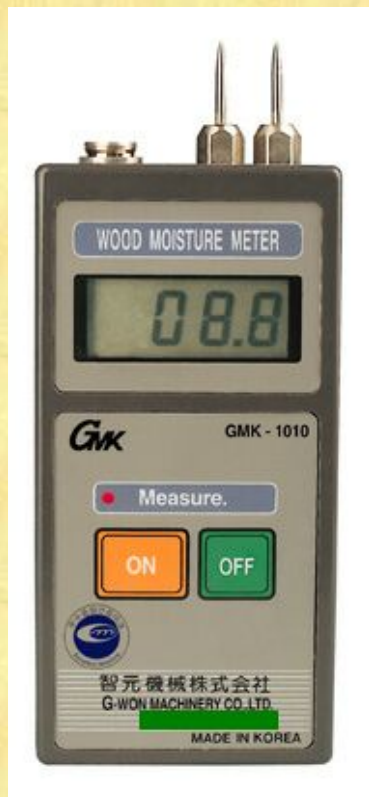
# DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

- Método de secado en estufa



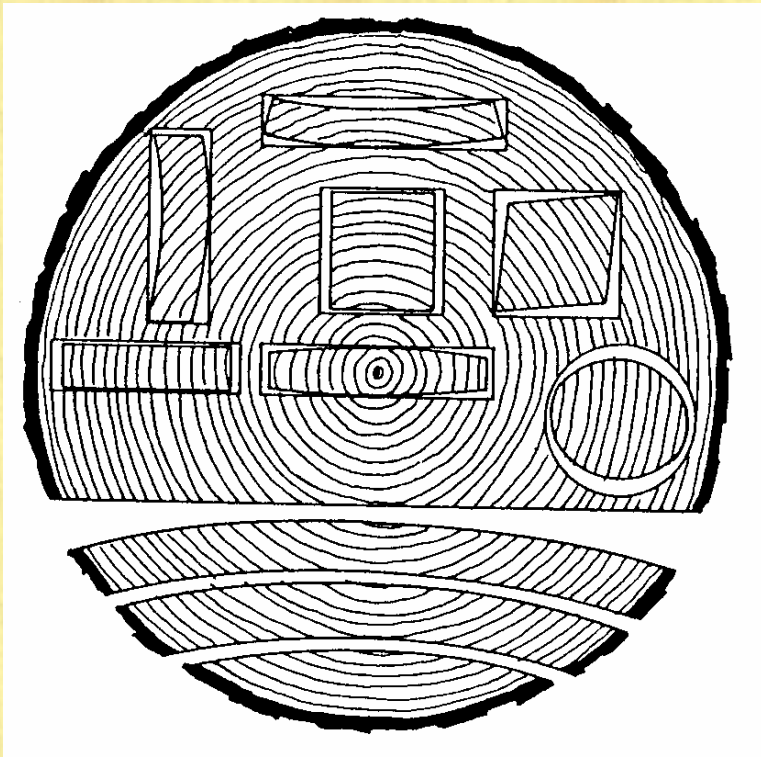
# DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

- Métodos eléctricos

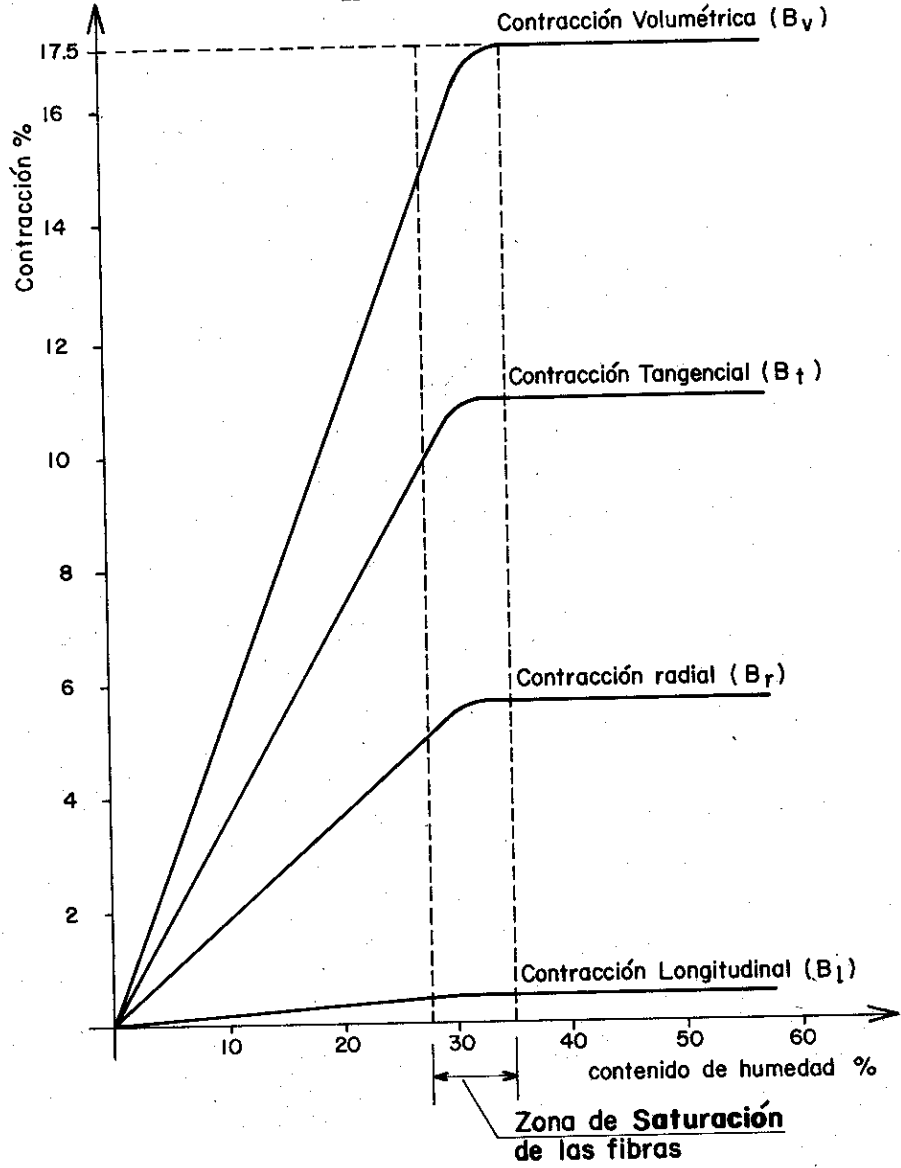
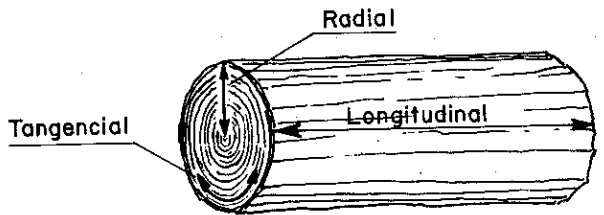




# ANISOTROPIA DE LA DILATACION Y CONTRACCION



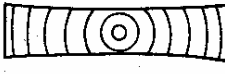







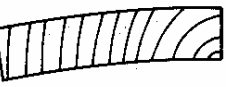
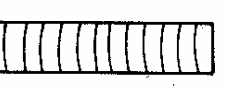
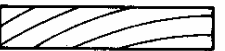

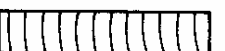
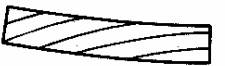

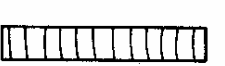


- Contracción longitudinal (v-sh): 0,1 a 0,9 %
- Contracción radial (v-sh): 2,4 a 11 %
- Contracción tangencial (v-sh): 3,5 a 15 %



Valores de  
contracción en los  
tres ejes

# EFFECTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN DIFERENTES TIPOS DE CORTE

> 15%			
15%			
< 15%			
CH	Corte tangencial	Corte mixto	Corte radial con médula
> 15%			
15%			
< 15%			
CH	Corte tangencial parcial	Corte mixto	Corte netamente radial

# CONTRACCION RADIAL

- Disposición perpendicular de las células radiales
- Presencia alternada de bandas de madera temprana de baja densidad y madera tardía de alta densidad, cuyo efecto es acumulativo en sentido tangencial

# CALCULOS DE LA HINCHAZON Y CONTRACCION

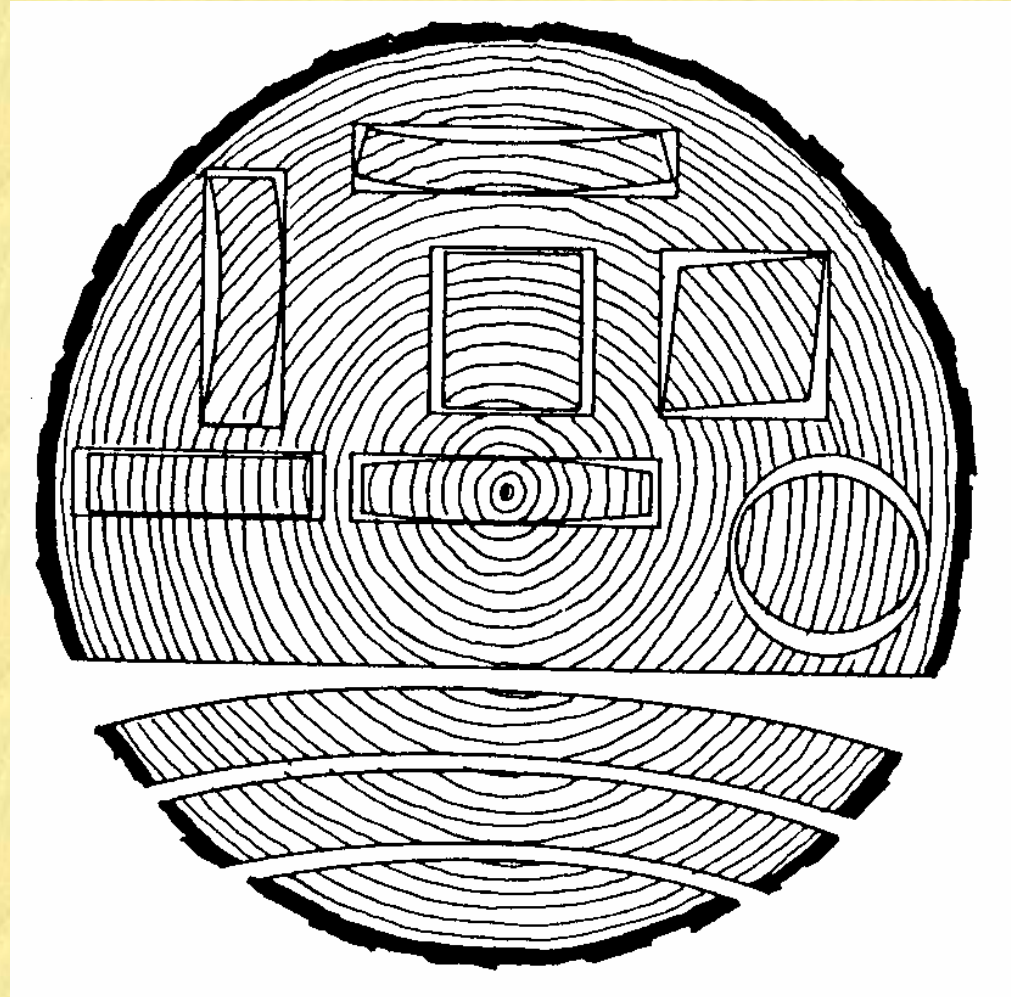
- $\alpha = (df - do) / do \times 100$
- $\beta = (df - do) / df \times 100$

# EFECTO DE LA ANISOTROPIA SOBRE EL SECADO DE LA MADERA

Los diferentes valores de la contracción tangencial y radial ocasionan:

- Rajaduras en las trozas de madera redonda
- Grietas o deformaciones en tablas o piezas aserradas

# EFECTO DE LA ANISOTROPIA SOBRE EL SECADO DE LA MADERA



# CONTRACCIÓN DIFERENCIAL

- Se define como la relación entre la contracción tangencial y la radial ( $\beta_t/\beta_r$ )
- Es un valor importante en el comportamiento de una madera durante el secado
- Es normalmente mayor en latifoliadas que en coníferas



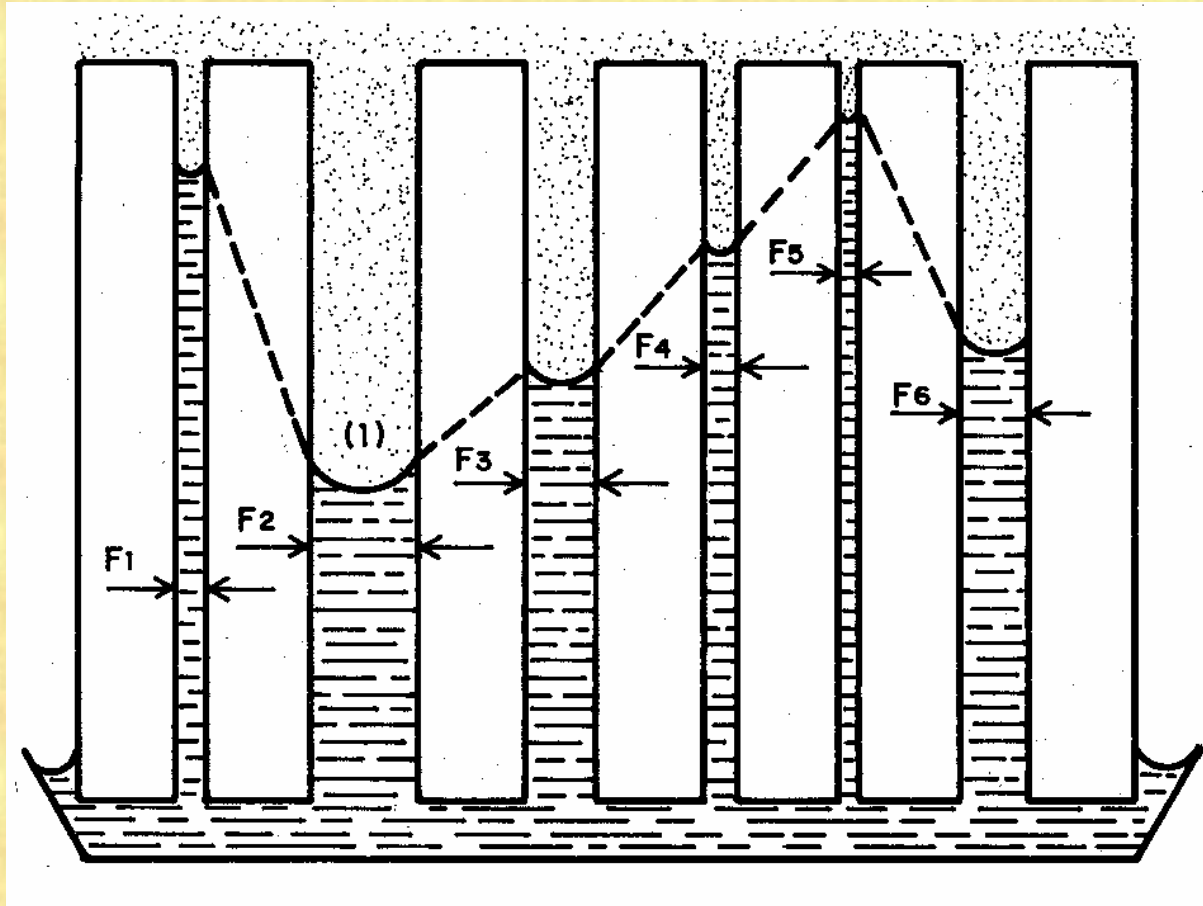
# MOVIMIENTO MIGRATORIO DEL AGUA EN LA MADERA

- El agua en la madera se mueve de zonas de alto contenido de humedad a las de mas bajo contenido
- Si las condiciones de humedad relativa y temperatura del ambiente permanecen constante, la madera se secará o absorberá humedad hasta que alcanza el equilibrio higroscópico
- Las características de los conductos y la permeabilidad de la madera determinan la velocidad del movimiento del agua

# FUERZAS QUE ACTUAN DURANTE EL MOVIMIENTO DEL AGUA EN LA MADERA

- Fuerzas capilares
- Fuerzas debidas a diferencias a la presión de vapor
- Fuerzas debidas a diferencias en el contenido de humedad

# FUERZAS CAPILARES



# **BASES FISICAS DEL SECADO DE LA MADERA**

# BASES FISICAS DEL SECADO DE LA MADERA

- Temperatura
- Humedad relativa
- Velocidad del aire

# BASES FISICAS DEL SECADO DE LA MADERA

## **Temperatura:**

El calor es la fuente de la que las moléculas de agua en la madera adquieren la energía cinética necesaria para su evaporación, la cual depende de la cantidad de energía suministrada



# BASES FISICAS DEL SECADO DE LA MADERA

## Humedad relativa:

Relación entre la presión parcial de vapor de agua presente en el aire y la presión de vapor saturado a la misma temperatura expresada en porcentaje

$$HR = (P/P_o) \times 100$$



# MEDICIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

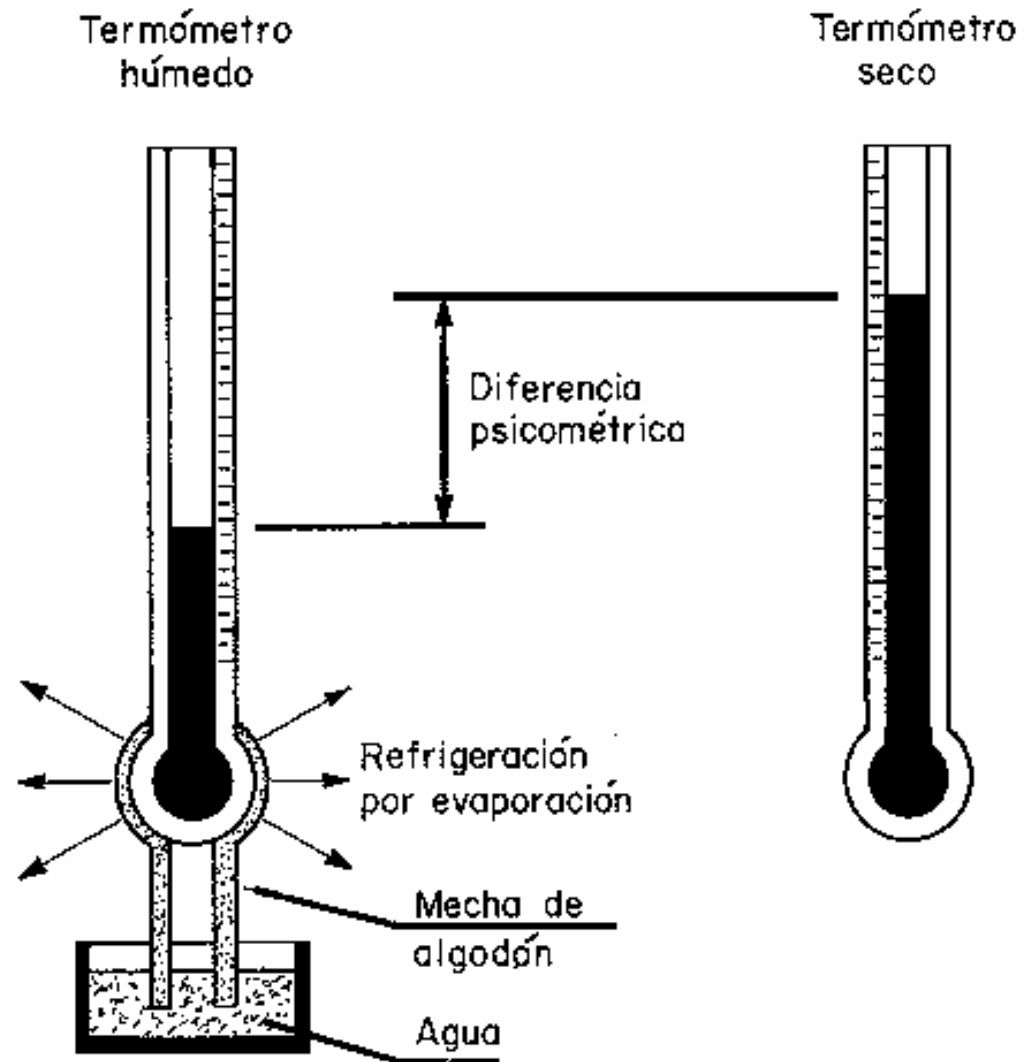
- Higrómetro
- Psicrómetro
- Cartas psicrométricas
- Ecuación de Carrier



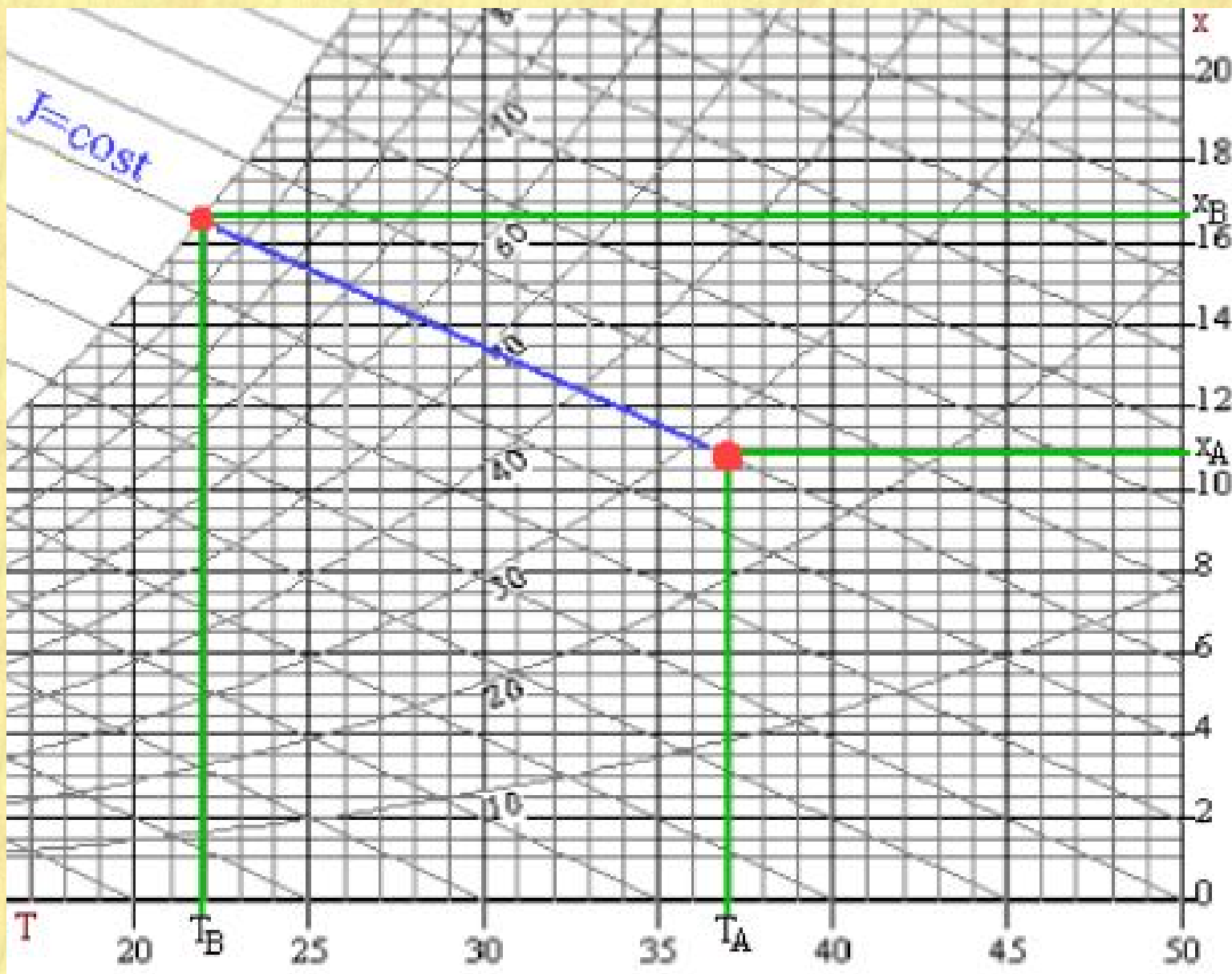
# HIGROMETRO



# PSICROMETRO



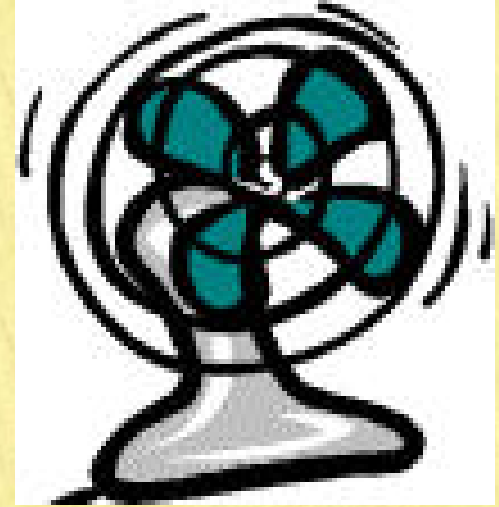
# TABLAS PSICROMETRICAS



# CONTROL DE LA HUMEDAD RELATIVA

- Regulando termostáticamente las temperaturas del bulbo seco o húmedo
- Agregando vapor caliente al aire en movimiento (subir)
- Abrir ventilas para liberar el aire húmedo y disminuir la humedad relativa
- En secadoras: mediante un sensor y controlador del bulbo húmedo.

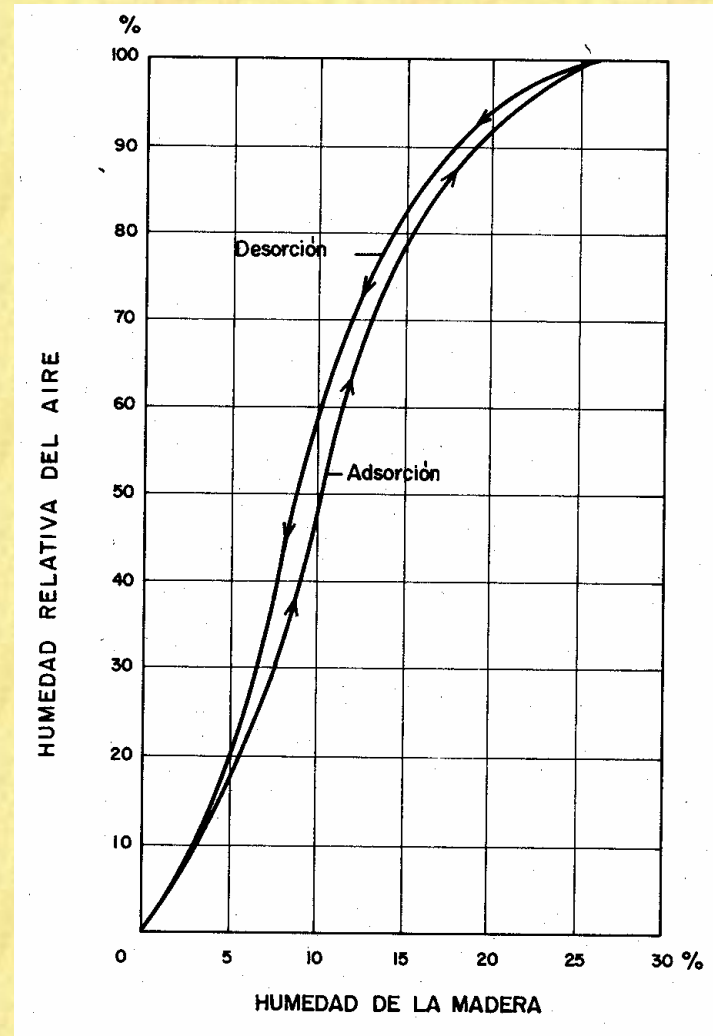
# VELOCIDAD DEL AIRE



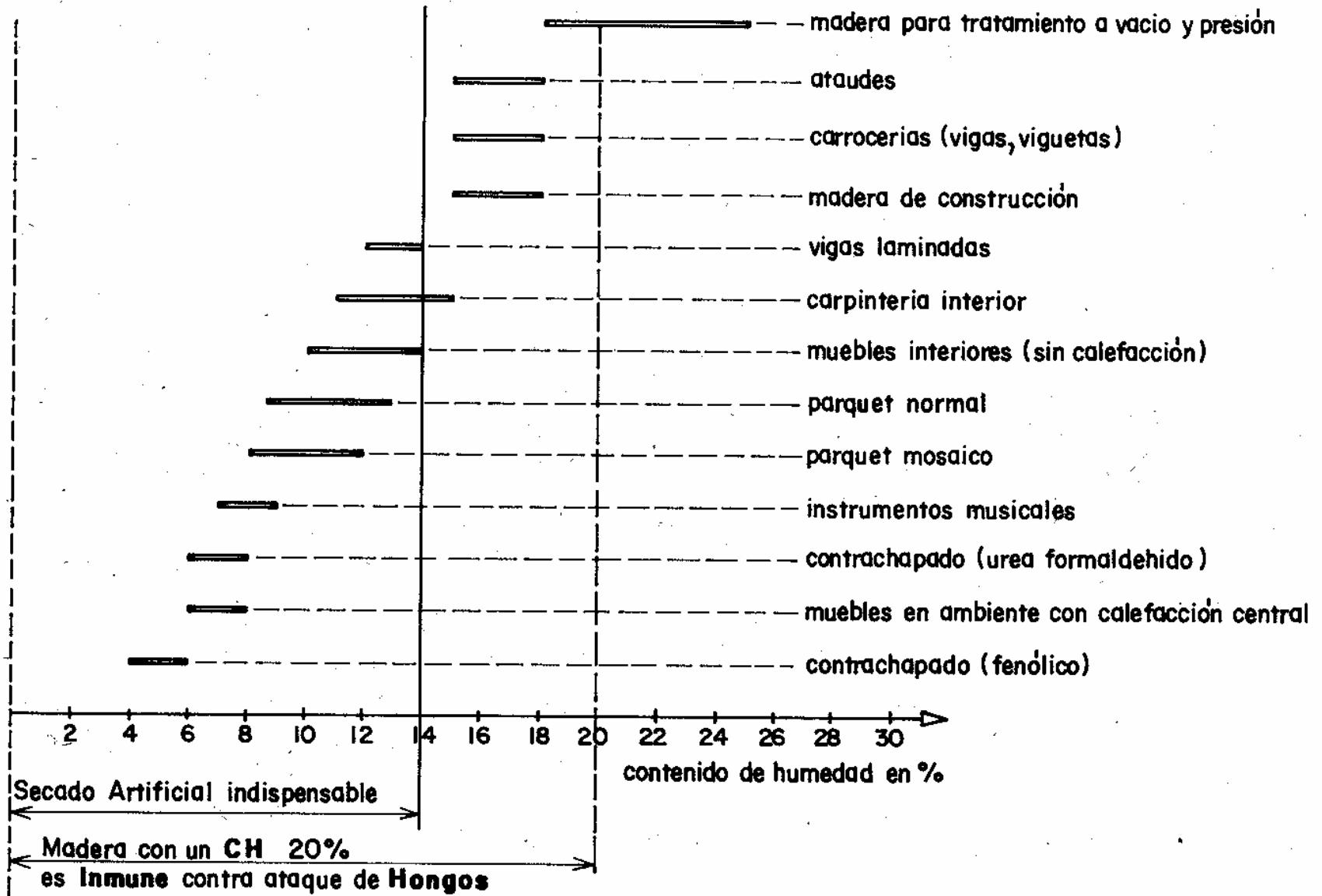
- Transmitir la energía requerida para calentar el agua dentro de la madera
- Transportar la humedad saliente de la madera
- Controla la velocidad de evaporación del agua

# CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO

- La madera es un material higroscópico

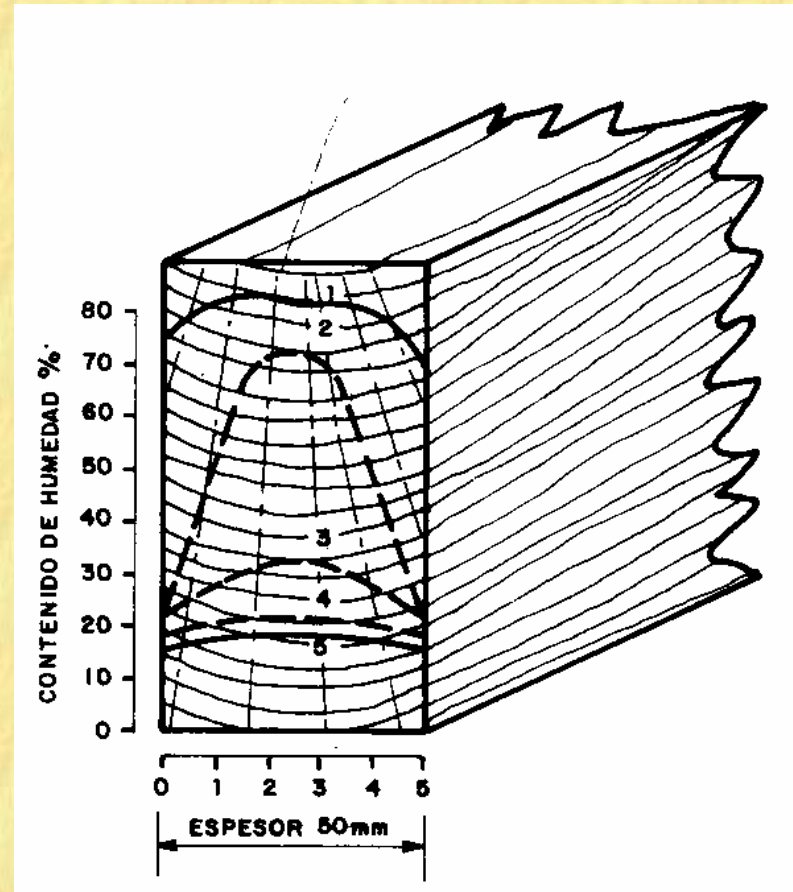


# IMPORTANCIA DEL CH



# GRADIENTE DE SECADO (GS) Y GRADIENTE DE HUMEDAD (GH)

- GS: Relación entre el CH de la madera en un momento dado y el contenido de humedad de equilibrio
- GH: Diferencia entre el CH de la madera en el centro y el CH en la superficie





# TENSIONES DURANTE EL SECADO

Son de naturaleza diferente según el CH se encuentre por encima o por debajo del PSF

**Por encima del PSF:** la tensión capilar es la responsable de esfuerzos presentes en la madera y puede originar el colapso celular

**Por debajo del PSF:** cuando las tensiones responsables de la contracción normal de la madera, en condiciones extremas pueden originar endurecimiento superficial, grietas superficiales o grietas internas